

Revista do Departamento de Geografia, 15 (2002) 101–113.

SOLOS DE MANGUE DO ESTADO DE SÃO PAULO: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA*

Marcio Rossi** e Isabel Fernandes de Aguiar Mattos***

Resumo: O estudo desenvolveu-se ao longo do litoral do estado de São Paulo, Brasil, visando realizar uma análise dos solos existentes em áreas caracterizadas pelo ecossistema mangue. A definição e descrição das áreas estudadas deram-se por meio de foto-interpretação e trabalhos de coleta de campo, procedendo-se posteriormente a análises de solos em laboratório do material coletado. A análise dos elementos estudados caracterizou esses solos como basicamente de textura arenosa, por vezes de textura média por causa da contribuição de silte; com caráter sálico e sódico, com presença de tiomorfismo; ambiente extremamente rico em bases apesar de altos teores de alumínio trocável; classificando-os como Areias Quartzosas Hidromórficas salinas ou Solonchak Sódico tiomórfico (Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos salino-sódicos ou salino-solódicos), para os casos de textura arenosa, e apenas Solonchak Sódico tiomórfico (Gleissolos Sálcos sódicos ou solódicos tiomórficos) para os de textura média, em áreas com vegetação predominante de *Laguncularia racemosa*.

Palavras-chaves: Solos de mangue; Salinidade; Sodicidade; São Paulo.

Introdução

O mangue é um ecossistema especial que se desenvolve em zonas litorâneas tropicais, associado a terrenos baixos, planos e regiões estuarinas, às margens de lagunas ou ao longo de rios e canais naturais, em áreas encharcadas, salobras e calmas, com influência das marés; porém, não atingidos pela ação direta das ondas. Nesses locais, a força das marés é branda e a velocidade das correntes é baixa, favorecendo intensa deposição de sedimentos finos e matéria orgânica (IPT, 1988).

Torna-se o elo de ligação entre os ambientes marinho, terrestre e de água doce, caracterizando-se por uma constante conquista de novas áreas pelo acúmulo de grandes massas de sedimentos e detritos trazidos pelos rios e pelo mar. O substrato assim originado tem consistência pastosa; é pouco compactado, alagadiço, rico em matéria orgânica, pouco oxigenado e sujeito a períodos alternados de inundação e drenagem, conforme variação das marés (IPT, 1988).

LAMBERTI (1969) entende por *mangal* ou *manguezal* um grupo de plantas que se desenvolvem na zona litorânea, em substrato plano, lodoso, contornando estuários, enseadas, lagoas, baías etc., que, segundo VELOSO & GÓES FILHO (1982) são

áreas pedologicamente instáveis, dinâmicas, seja pela constante deposição de areias do mar, seja pelo rejuvenescimento do solo ribeirinho, com deposições aluviais e lacustres. Os termos antes citados denominam a vegetação, o solo e tudo o que nele se encontra. Esses autores salientam que, no Brasil, tal ecossistema tem sido estudado mais do ponto de vista de sua composição florística do que por seus aspectos ecológicos ou fisiológicos.

SCHAEFFER-NOVELLI (1987), no entanto, cita que, para cada uma dessas formas de abordagem, há uma grande quantidade de conhecimento acumulado, não sendo porém comparáveis quanto à profundidade dos estudos em cada uma das direções, nem quanto aos resultados alcançados. A fronteira sedimento/água é das mais limitadas quanto à sua caracterização funcional.

As baixadas litorâneas podem ser designadas, segundo TRICART (1977), como um meio intermediário, ocorrendo constantes retiradas e acúmulos de sedimento, dada a sua posição no relevo. Esse fato pode indicar que a morfogênese deve acelerar-se a ponto de superar a pedogênese: é o caso da modificação constante do horizonte ou camada superficial por essas constantes mudanças.

* Trabalho apresentado no 2º Congresso Nacional de Essências Nativas. Ver. Inst. Flor. 4:930-936.

** Instituto Agrônomo IAC, C.P. 28, 13001-970, Campinas (SP). e-mail: rossi@iac.br

*** Instituto Florestal, C.P. 1322, 02377-970 São Paulo (SP), Brasil. e-mail: geoc@iflorestsp.br

AB'SABER (1955) considera que, a partir de manguezais hoje desaparecidos, teria ocorrido a formação de terraços de construção marinha, onde ocorre um arenito de praia e restinga, sobrelevado, desidratado e ligeiramente consolidado por cimento argiloso e humoso. O autor salienta, ainda, que os manguezais e baixadas flúvio-marinhas colmatam uma boa parte dessas áreas, e seriam muito recentes, estando alguns deles em plena expansão na atualidade. Para RIZZINI (1979) esses mangues tendem ao aterramento gradual com a eliminação da água salgada e a transformação da lama mole em lama dura e, finalmente, em solo no sentido biopedológico.

ODUM (1972) comenta que em áreas de mangues as raízes pronunciadas e com penetração profunda reduzem as correntes das marés, causando um depósito extenso de argila e lodo, que se supõem sejam importantes no ciclo mineral, necessário para manter a alta produtividade primária que exhibe essa comunidade.

Para CINTRON & SCHAEFFER-NOVELLI (1983), os solos de mangue são formados por sedimentos autóctones ou alóctones; esses ambientes em geral são de baixa energia com predomínio de acúmulo de frações finas (argilas e limos). Com frequência podem atingir vários metros de profundidade sendo pobremente consolidados e semifluidos. Salientam também que o pH do solo é uma função do conteúdo de umidade e das flutuações do nível freático.

Em relação ao solo, LAMBERTI (1969) caracteriza amostras coletadas a 20 cm de profundidade, em manguezais de Itanhaém (SP), por meio de análises granulométricas e químicas baseadas na tabela de Atterberg na classe textural Arenó-Barrenta com 35% de silte e 42% de areia fina. A análise química mostra que são solos salinos ($\text{Na}^+ = 90 \text{ cmol/kg solo}$), com teores de bases ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$) elevados, portanto férteis. A porcentagem de matéria orgânica também é alta levando o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), uma das instituições que realizaram as análises, a classificar esses solos como turfa de manguezal, com teor de umidade muito elevado. LAMBERTI (*op. cit.*) menciona ainda que o pH é sempre superior a 5,0 e inferior a 6,5.

Para o pH do solo, Navalkar e Bharucha (*apud* LAMBERTI, 1969) encontraram nos manguezais de Bombaim valores de 6,33 a 7,04 de pH; Boyé (*apud* LAMBERTI, 1969), refere-se a manguezais da Guiana Francesa com valores de pH entre 3 e 4; já Teixeira e Kutner (*apud* LAMBERTI, 1969), constata na água do manguezal de Cananéia pH que varia de 7,5 a 8,1, conforme a maré.

O mesmo autor estuda o teor de cloreto no solo a uma profundidade de 0,15 m na rizosfera de várias espécies vegetais e revela que o teor salino varia de 0,54 até 2,54 g/100 ml de solução do solo. Verifica também que, nos períodos com pluviosidade variável, as concentrações não sofrem oscilações importan-

tes. WALTER (1986) cita ainda as zonas alcançadas pela maré salgada, onde a concentração salina chega a 3,5%, correspondente a uma pressão osmótica de potencial 2,53 MPa (25 atm).

SCHAEFFER-NOVELLI *et al.* (1990) comentam que na região de Cananéia, quando da influência mais pronunciada das águas dos rios, os sedimentos contêm mais matéria orgânica (14,5%) e substancialmente mais carbono orgânico (5–5,5%); salientam também que esses sedimentos são na maioria finos e muito finos.

Para OLIVEIRA (1979) em áreas de mangues e adjacências são encontrados – de acordo com a conceituação de classes de solos estabelecidas pelo SNLCS – solos Gley Tiomórficos, que abrangem solos hidromórficos e salinos, orgânico-minerais ou orgânicos e contêm compostos de enxofre, que, após sua drenagem e oxidação, tornam-se extremamente ácidos devido à formação de sulfatos, podendo apresentar horizonte sulfúrico ou material sulfúrico.

RADAMBRASIL (1983) classifica os solos dessas áreas como do tipo solonchak sódico, caracterizados por ser muito argilosos e estar associados a solos hidromórficos tiomórficos indiscriminados e podzol hidromórfico com horizonte A proeminente, moderado e textura arenosa, localizados em terrenos planos. Em trabalho recente de mapeamento de solos do estado de São Paulo, OLIVEIRA *et al.* (1999) indicam as áreas com Gleissolos Sálidos de textura média como associadas aos Neossolos Quartzarênicos hidromórficos salinos ou ainda aos Gleissolos Tiomórficos, fatos também constatados por ROSSI (1999).

Quanto ao embasamento geológico, IPT (1981a) define as planícies costeiras como baixos terraços marinhos formados por sedimentos marinhos e mistos atuais e subatuais que fazem parte das coberturas cenozóicas e incluem materiais arenosos praias, depósitos marinhos localmente retrabalhados por ação fluvial e/ou eólica, terrenos areno-sílticos argilosos de deposição flúvio-marinha-lacustre e depósitos de mangue. Do ponto de vista geomorfológico as planícies costeiras da baixada litorânea constituem relevos de agradação quase horizontais e estão situados no nível das oscilações da maré e se caracterizam por sedimentos tipo vasa (lama) e drenagem com padrão difuso (IPT, 1981b).

Os manguezais do Brasil caracterizam-se pela semelhança na composição florística, contendo, porém, menor número de gêneros e espécies que em outros países (ANDRADE & LAMBERTI, 1965). Predominam a *Rhizophora mangle*, com raízes escoras que se ramificam dentro da lama; *Avicennia tomentosa*, com raízes respiratórias, destinadas a compensar a falta de oxigênio do substrato; e a *Laguncularia racemosa*, que tolera mal as inundações e prefere solos mais firmes. De acordo com ANDRADE & LAMBERTI (1965) e RIZZINI (1979), e como

demonstrado por SCHAEFFER-NOVELLI *et al.* (1990), essa espécie é encontrada com maior frequência em Cananéia (SP), onde a cobertura basal é composta por 65% de *L. racemosa*, 23% de *R. mangle* e 12% de *A. schaueriana*. Para VELOSO & GÔES FILHO (1982), essas espécies variam conforme a latitude.

RIZZINI (1979) comenta que um dos mais bem caracterizados tipos de vegetação tropical é o mangue denominado *de litoral limoso*, cujo substrato é uma lama negra. Durante a maré alta, mostra-se alagado e, na maré baixa, exibe essa lama fina e rica nas raízes trançadas: duas vezes ao dia ocorrem fluxo e refluxo que cobrem e descobrem o terreno lamacento. Dois fatores principais limitam e especializam a vegetação: o conteúdo salino e a carência de oxigênio. DANSEREAU (1949) salienta ainda que a *R. mangle* tolera umidade prolongada e exige substrato mole formado de partículas finas, e que a *A. tomentosa* vive melhor em áreas com menos matéria orgânica e mais areia, tolerando inundações menores.

No estado de São Paulo as áreas de mangue vêm sendo alvo de constantes pressões sócio-econômicas, dentre elas a construção de aterros para construção de marinas, condomínios náuticos e loteamentos, e a recepção de dejetos, esgotos e produtos químicos diversos. Do ponto de vista ecológico, essas áreas possuem grande importância, tanto do ponto de vista florístico, com espécies adaptadas às condições de salinidade e carência de oxigênio, como do faunístico, do que por constituírem abrigo para a reprodução e a alimentação.

O presente estudo objetiva caracterizar os solos de mangue em diversas áreas do litoral do Estado de São Paulo com o intuito de fornecer elementos para o melhor conhecimento desse ecossistema. Tais áreas são reconhecidamente importantes ainda do ponto de vista ecológico, consideradas como de preservação permanente, e estão amparadas por legislação federal.

Material e métodos

Foram utilizadas folhas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 1973/1974) e do IGG (1971) escala 1:50.000 do litoral paulista. Também foram usadas fotografias aéreas dos seguintes vãos:

- reconhecimento do estado de São Paulo (IBC/GERCA, 1972/1973) na escala aproximada de 1:25.000;
- reconhecimento do litoral sul de São Paulo (TERRAFOTO, 1980/1981) na escala aproximada de 1:35.000;
- levantamento da TERRAFOTO (1977) na escala aproximada de 1:45.000; e
- imagens do satélite Landsat TM-5, bandas 3, 4 e 5, composição colorida, na escala aproximada de 1:50.000.

O estudo foi desenvolvido ao longo da faixa litorânea do estado de São Paulo, em pontos previamente selecionados, conforme mostra a Fig. 1. Os pontos de coleta foram definidos com base em análise das fotografias aéreas e imagens de satélite, em que foram identificadas as áreas de mangue mediante a fotointerpretação. Para tanto utilizaram-se os padrões da foto-imagem, cor, tonalidade, textura, forma e convergência de evidências, conforme descrito em LUEDER (1959) e SPURR (1960). Dessa forma foram selecionados 18 pontos de amostragem.

De todo o litoral do estado, escolheram-se os mangues que ocorrem desde a Estação Ecológica da Juréia/Itatins até o Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Picinguaba, excetuando-se os do rio Itanhaém e Branco ou Boturoca, que serão objetos de estudo em uma próxima fase, bem como os mangues situados na região do Vale do Ribeira de Iguape.

O estudo tem como base a caracterização dos solos que ocorrem nesse ecossistema, mediante a coleta de materiais com trado de caneca e utilização de tubos de PVC, de 4" (quatro polegadas), para observação e descrição dos solos com o mínimo de alteração, conforme EMBRAPA (1979) e LEMOS & SANTOS (1996).

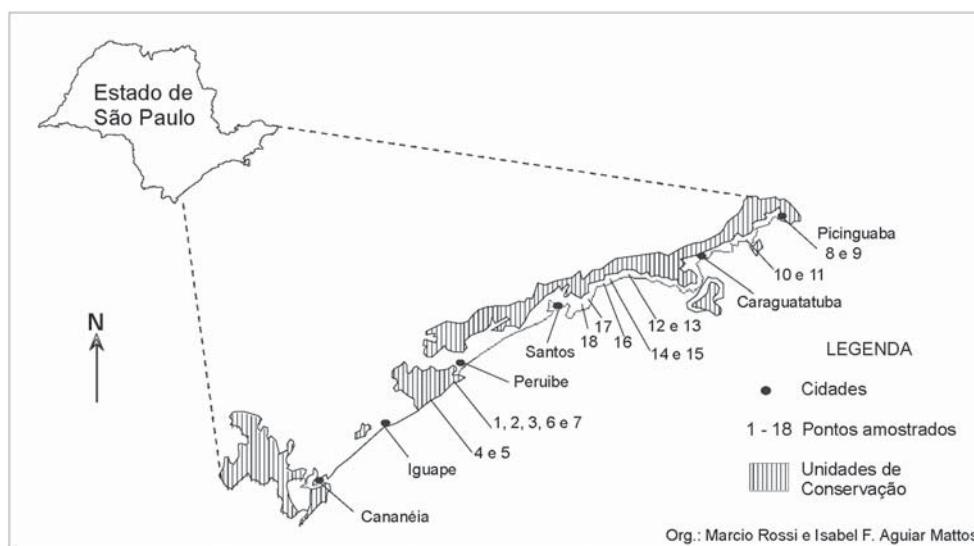


Figura 1 Localização dos pontos amostrados

Após as coletas foram seguidos procedimentos de rotina para as análises físicas e químicas de solo, realizados nos laboratórios da FCA-UNESP-Botucatu seguindo os procedimentos preconizados por EMBRAPA (1979), KILMER & ALEXANDER (1949) e RAIJ & QUAGGIO (1983). A classificação foi efetuada de acordo com CAMARGO *et al.* (1987) e OLIVEIRA *et al.* (1992), com posterior adequação ao sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

Análises físicas

Granulometria: foram separadas as frações menores que 2 mm (areia grossa e fina) utilizando-se o método da pipeta. Para tal, amostras de 10 g de solo são agitadas durante 16 horas com hexametáfosfato de sódio e hidróxido de sódio como agentes dispersantes.

Densidade do solo: utilizou-se a determinação da massa da unidade de volume das partículas primárias do solo (densidade da partícula), adicionando-se a 20 g de terra fina seca em estufa (105°C) 25 ml de álcool etílico. Complementar balão volumétrico de 50 ml com álcool etílico. Procedeu-se o cálculo: densidade da partícula (g/cm^3) = peso da amostra/(50–volume de álcool gasto).

A densidade do solo foi determinada pelo peso da unidade de volume do solo, incluindo seu espaço poroso, pelo método do torrão.

A porosidade total foi determinada a partir da relação: $\{1 - (\text{densidade da partícula}/\text{densidade do solo})\} \times 100$.

Umidade 33 kPa (1/3 atm) e 1.500 kPa (15 atm): para esta determinação seguiu-se o método da placa porosa.

Análises químicas

pH em água e em solução de cloreto de potássio 1 mol/L: foi utilizada a determinação potenciométrica após agitação seguida por três horas de repouso; relação solo-líquido 1:2,5.

Carbono orgânico: procedeu-se com a oxidação da matéria orgânica com solução de dicromato de potássio 1 mol/L, em meio ácido e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol/L, usando difenilamina como indicador.

Bases trocáveis: extração por agitação de 5 g de T.F.S.A. com 100 mL de HNO_3 a 0,05 mol/L. O cálcio e o magnésio foram determinados no extrato por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se solução de óxido de lantânio a 2 g/L a fim de eliminar a interferência dos elementos fósforo e alumínio. O potássio e o sódio foram determinados por fotometria de chama.

Acidez titulável (H + Al): extração por agitação de 5 g de T.F.S.A. com 100 mL de acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7 e titulação com NaOH 0,1 mol/L, empregando fenolftaleína como indicador.

Alumínio trocável (Al): extração por agitação de 5 g de T.F.S.A. com 100 mL de KCl 1 mol/L e titulação com NaOH 1 mol/L, empregando fenolftaleína como indicador.

Sódio trocável: método fotométrico ou espectrofotométrico.

Condutividade elétrica no extrato de saturação: método do condutivímetro de leitura direta.

Sódio no extrato de saturação: método fotométrico ou espectrofotométrico seguindo leitura da amostra x diluição $\times f_{\text{Na}} = \text{mmol}_c$ de Na por litro do extrato

Resultados e discussão

As principais características dos solos nos locais amostrados estão descritas na Tab. 1; os dados analíticos de cada perfil, nas Tab. 2 e 3; e a análise estatística dos dados é discutida a seguir.

As características encontradas em todos os perfis de solo estudados são:

- A textura arenosa ou média quase arenosa, com porcentagens de areia total variando de 480 a 970 g/kg, sendo que a maioria dos perfis se encontra com valores acima de 800 g/kg; o teor de argila fica sempre abaixo de 14% e o de silte é bem variado. O silte é, aliás, responsável pela ocorrência da textura média em alguns pontos, sendo então diferente da textura mencionada por RADAMBRA-SIL (1983), ao referir-se aos solos de mangue como sendo muito argilosos, e também dos dados de ODUM (1972) e CINTRON & SCHAEFFER-NOVELLI (1983), quando comentam que o solo de mangue é formado por extensos depósitos de argila e lodo, e, ainda, dos teores encontrados por LAMBERTI (1969). Dos 18 perfis analisados, 12 são arenosos, com teor de areia no horizonte superficial de 79% a 96 %, e, no subsuperficial, de 85% a 97%, com os teores de argila variando entre 3 e 13% e os de silte sempre inferiores a 13%. Em três perfis, a textura é média, com, no horizonte superficial, teor de areia entre 68% e 73%, e, no subsuperficial, de 65% a 75%. A argila encontra-se entre 8% e 14% e os teores de silte são bem mais elevados, entre 16% e 25%.
- Outros três perfis são de textura errática, arenosa/média ou média/arenosa, em que os teores de silte chegam a 35%. Essa característica aponta a importante contribuição do silte na granulometria de alguns pontos nos quais, caso contrário, a textura seria arenosa.
- A hidromorfia, já que o solo permanece encharcado a partir da superfície durante todo o ano.
- O caráter sálico, pela alta salinidade expressa pela condutividade elétrica do extrato de saturação, maior

Tabela 1 Localização e características gerais por perfil observado

PERFIL	LOCALIZAÇÃO	CORSECO	ÚMIDO	TROFISMO	CARÁTER	VEGETAÇÃO
1	Rio Una do Prelado (EEJI)	2,5Y 4/1 a 5/2 cinza amarelado	2,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
2	Rio Una do Prelado (EEJI)	2,5Y 4/1 cinza amarelado	5Y 2/1 a 2,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
3	Ilha do Ameixal (EEJI)	2,5Y 4/1 cinza amarelado	5Y 2/1 a 2,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Rizophora mangle</i>
4	Rio Verde (EEJI)	5Y 4/1 cinza	5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
5	Rio Verde (EEJI)	2,5Y 4/1 a 5Y 4/1 cinza amarelado	2,5Y 3/1 a 5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
6	Ilha do Ameixal (EEJI)	2,5Y 5/3 bruno amarelado e 5Y 4/1 cinza	2,5Y 3/1 a 10Y 2/2 preto brunado	distrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
7	Rio Una do Prelado (EEJI)	2,5Y 5/2 amarelo acinzentado escuro	5Y 3/1 preto oliva	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
8	Rio das Bicas (PESMP)	5Y 4/1 a 6/2 oliva acinzentado a cinza	5Y 3/1 preto oliva	eutrófico	Sódico/salino até 40 cm e acima, alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
9	Rio Ubatumirim (Praia do Ubatumirim)	5Y 5/1 a 6/2 cinza a oliva acinzentado	5Y 3/2 preto oliva	eutrófico	Sódico/alta salinidade até 90 cm e abaixo salino	<i>Laguncularia racemosa</i>
10	Rio Escuro (Praia Dura)	7,5YR 6/2 oliva acinzentado e 7,5Y 7/2 cinza claro	7,5Y 3/2 preto oliva	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
11	Rio Perequê-Açu (Praia do Perequê-Açu)	7,5Y 5/1 cinza	7,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/ alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
12	Rio Barra do Sahy (Praia do Sahy)	2,5Y 5/1 cinza	2,5Y 2/1 preto	distrófico	Sódico/alta salinidade até 110 cm abaixo salino	<i>Laguncularia racemosa</i>
13	Rio Juquey (Praia do Juquey)	2,5Y 5/1 cinza	2,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/ salino	<i>Laguncularia racemosa</i>
14	Rio Guaratuba (Morro do Itaguá)	2,5Y 6/1 cinza amarelado	2,5Y 2/1 preto e em superfície 10YR 3/1 preto brunado	distrófico	Sódico solódico/alta salinidade até 90 cm abaixo salino	<i>Laguncularia racemosa</i>
15	Rio Guaratuba (Praia do Guaratuba)	2,5Y 4/1 cinza amarelado	2,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/alta salinidade	<i>Rizophora mangle</i>
16	Barra do Itaguapé	2,5Y 5/1 cinza amarelado	2,5Y 3/1 preto brunado e 2/1 preto	eutrófico	Sódico/alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i>
17	Rio da Praia (Praia de Bertioga)	2,5Y 5/1 cinza amarelado	2,5Y 2/1 preto	mesoeutrófico	Sódico solódico/alta salinidade até 60 cm abaixo salino	<i>Laguncularia racemosa</i> e <i>Rizophora mangle</i>
18	Rio Itapanhau (Praia de Bertioga)	2,5Y 4/1 cinza amarelado	2,5Y 2/1 preto	eutrófico	Sódico/alta salinidade	<i>Laguncularia racemosa</i> e <i>Rizophora mangle</i>

EEJI = Estação Ecológica Juréia-Itatins; PESMP = Parque Estadual da Serra do Mar – Picinguaba

Tabela 2 Características físicas de solo dos pontos coletados

Símbolo	Profund. (cm)	Granulometria						Silte/ argila	Densidade (kg/dm³)	Porosidade (% por volume)					Classetextural	
		Areias (dag/kg)														
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	total	Silte	Arg		Part.	Solo	Micro	Macro	Total	
P1 – Ag	0 – 20	0	0	1	10	62	73	18	9	2,0	2,2	1,0	11,1	43,4	55,0	Franco arenoso
Cg1	20 – 40	0	0	1	9	63	73	17	10	1,7	2,3	1,1	16,1	39,4	55,5	Franco arenoso
Cg2	40 – 60	0	0	1	14	57	72	18	10	1,8	2,5	1,1	15,9	40,1	56,0	Franco arenoso
Cg3	60 – 80	0	0	1	11	62	74	15	11	1,4	2,2	1,3	19,5	21,4	40,9	Franco arenoso
Cg4	80 – 100	0	0	0	12	63	75	15	10	1,5	2,5	1,3	17,6	30,4	48,0	Franco arenoso
Cg5	100 – 120	0	0	0	9	56	65	25	10	2,5	2,6	1,9	28,6	1,7	30,0	Franco arenoso
P2 – Ag	0 – 20	0	0	1	1	59	70	22	8	2,7	2,5	1,0	15,8	44,2	60,0	Franco arenoso
Ag	0 – 20	0	0	0	6	58	64	27	9	3,0	2,2	1,1	16,0	34,0	50,0	Franco arenoso
Cg1	20 – 40	0	0	1	6	43	50	40	10	4,0	2,2	1,3	20,8	20,1	40,9	Franco
Cg2	40 – 55	0	0	1	4	64	69	20	11	1,8	2,3	1,4	24,6	14,5	39,0	Franco arenoso
P3 – Ag	0 – 30	0	0	0	1	79	80	14	6	2,3	2,6	1,2	19,7	34,1	54,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	1	1	72	74	20	6	3,3	2,3	1,1	13,3	38,9	52,2	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	0	2	11	60	73	18	9	2,0	2,3	1,2	21,7	26,1	47,8	Franco arenoso
Cg3	90 – 120	0	0	2	10	55	67	24	9	2,6	2,3	1,1	26,6	25,6	52,0	Franco arenoso
P4 – Ag	0 – 30	0	0	0	11	69	80	13	7	1,8	2,1	1,0	17,1	35,3	52,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	3	23	41	67	25	8	3,1	2,2	1,2	23,2	22,2	45,4	Franco arenoso
Cg2	60 – 90	0	1	6	36	38	81	14	6	2,3	2,9	1,2	14,4	44,2	58,6	Areia franca
Cg3	90 – 120	0	1	7	45	33	85	9	6	1,5	2,3	1,3	12,0	31,5	43,0	Areia franca
P5 – Ag	0 – 30	0	1	3	32	43	79	13	8	1,6	2,3	1,4	19,1	19,9	39,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	2	3	30	45	80	11	9	1,2	2,2	1,3	18,2	22,7	40,9	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	1	3	31	43	78	16	7	2,3	2,2	1,2	27,6	17,7	45,3	Areia franca
Cg3	90 – 120	0	0	4	41	42	85	6	9	0,6	2,5	1,3	13,6	34,4	48,0	Areia franca
P6 – Ag	0 – 30	0	0	5	41	35	81	12	7	1,7	2,5	1,5	13,7	26,3	40,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	0	5	84	89	4	7	0,6	2,5	Areia
Cg2	60 – 90	0	0	0	6	71	77	13	10	1,3	2,5	1,2	16,3	35,7	52,0	Areia franca
Cg3	90 – 120	0	0	0	11	73	84	8	8	1,0	2,6	1,5	16,5	25,7	42,2	Areia franca
Cg4	90 – 120	0	0	0	13	73	86	6	8	0,7	2,3	1,5	15,6	19,2	35,0	Areia franca
P7 – Ag	0 – 30	0	0	0	12	78	90	4	6	0,7	2,5	1,5	10,8	29,2	40,0	Areia
Cg1	30 – 60	0	0	0	15	70	85	8	7	1,1	2,6	1,4	15,3	30,8	46,1	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	0	0	14	63	77	14	9	1,6	2,5	1,4	20,0	24,0	44,0	Areia franca
Cg3	90 – 120	0	0	0	20	59	61	30	9	3,3	2,5	1,2	16,5	35,4	52,0	Franco arenoso
P8 – Ag	0 – 20	0	0	0	5	91	96	0	4	0	2,8	1,3	12,1	41,5	54,0	Areia
Cg1	20 – 40	0	0	0	5	87	92	4	4	1,0	2,8	1,3	6,9	46,7	53,6	Areia
Cg2	40 – 60	0	0	0	6	85	91	6	3	2,0	2,3	1,3	8,3	35,5	43,8	Areia
Cg3	60 – 80	0	0	0	5	82	87	10	3	3,3	2,3	1,3	9,9	33,6	43,5	Areia
Cg4	80 – 100	0	0	0	5	80	85	11	4	2,8	2,6	1,3	18,7	31,5	50,2	Areia franca
Cg5	100– 120	0	0	0	6	79	85	12	3	4,0	2,3	1,2	11,3	36,5	48,0	Areia franca
P9 – Ag	0 – 30	0	2	3	7	44	56	35	9	3,9	1,9	1,1	37,0	5,1	42,0	Franco arenoso
Cg1	30 – 50	2	4	4	10	56	76	19	5	3,8	1,9	1,1	19,7	22,3	42,0	Areia franca
Cg2	50 – 70	2	6	5	11	58	82	13	5	2,6	2,5	2,1	25,3	-9,3	16,0	Areia franca
Cg3	70 – 90	15	20	10	1	36	82	10	8	1,3	2,5	1,5	9,4	30,6	40,0	Areia franca
Cg4	90 – 110	20	37	3	1	6	67	25	8	3,1	2,6	1,7	6,8	27,8	34,6	Franca arenoso
Cg5	110– 120	19	33	17	9	14	92	0	8	0	2,5	1,6	6,8	29,2	36,0	Areia

P = pontos coletados; A = horizonte superficial; C = horizonte sub-superficial; g = saturação por água; Amg = areia muito grossa (2-1 mm); Ag = areia grossa (1-0,5 mm); Am = areia média (0,5-0,25 mm); Af = areia fina (0,25-0,10 mm); Amf = areia muito fina (0,10-0,05 mm); Silte = (0,05-0,002 mm); Arg = argila (< 0,002 mm); Part. = densidade da partícula.

(Cont.) Tabela 2 Características físicas de solo dos pontos coletados

Símbolo	Profund. (cm)	Granulometria						Silte/ argila		Densidade (kg/dm³)	Porosidade (% por volume)					Classetextural
		Areias (dag/kg)														
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	total	Silte	Arg	Part.	Solo	Micro	Macro	Total		
P10 – Ag	0 – 30	0	0	0	32	57	89	8	3	2,6	2,5	1,3	9,9	38,1	48,0	Areia
Cg1	30 – 60	0	0	3	37	53	93	6	1	6,0	2,3	1,4	10,2	28,8	39,0	Areia
Cg2	60 – 80	0	1	7	24	61	93	4	3	1,3	2,1	1,2	16,5	26,3	42,8	Areia
Cg3	80 – 100	0	0	2	15	79	96	1	3	0,3	2,5	1,4	7,9	36,1	44,0	Areia
Cg4	100– 130	0	0	1	38	54	93	0	7	0	2,2	1,3	8,5	32,4	41,0	Areia
P11– Ag	0 – 30	1	7	21	19	33	81	11	8	1,4	2,5	1,3	16,5	31,5	48,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	5	14	19	40	78	12	9	1,3	2,1	1,2	15,1	27,7	42,8	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	3	11	19	46	79	10	10	1,0	2,5	1,2	21,6	30,4	52,0	Areia franca
Cg3	90 – 110	0	3	10	18	55	87	5	8	0,6	2,5	1,3	20,7	27,3	48,0	Areia franca
P12– Ag	0 – 30	0	0	7	36	37	80	12	8	1,5	1,9	1,4	14,4	11,9	26,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	6	35	38	79	13	8	1,6	2,8	1,4	17,6	32,4	50,0	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	0	5	34	40	79	13	8	1,6	2,6	1,5	18,7	25,3	44,0	Areia franca
Cg3	90 – 110	0	0	10	44	28	82	9	9	1,0	2,5	1,4	19,3	24,6	43,9	Areia franca
Cg4	110– 130	0	0	28	48	14	90	4	6	0,6	2,8	1,3	8,4	45,1	53,0	Areia
P13– Ag	0 – 30	0	0	2	43	34	79	13	8	1,6	2,3	1,4	16,4	22,6	39,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	2	46	25	73	17	10	1,7	2,5	1,3	20,0	28,4	48,4	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	0	4	50	29	83	10	7	1,4	2,6	1,2	12,8	41,0	53,8	Areia franca
Cg3	90 – 120	0	2	20	53	18	93	4	3	1,3	2,6					Areia
P14– Ag	0 – 30	0	0	0	12	73	85	5	10	0,5	2,8	1,2	10,6	46,5	57,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	0	10	70	80	12	8	1,5	2,5	1,1	10,6	45,3	55,9	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	0	0	9	72	81	9	10	0,9	2,6	1,3	19,2	30,7	49,9	Areia franca
Cg3	90 – 120	0	0	0	20	70	90	0	10	0	2,3	1,4	11,3	27,7	39,0	Areia
P15– Ag	0 – 30	0	0	0	24	66	90	2	8	0,2	2,6	1,1	15,0	42,6	58,0	Areia
Cg1	30 – 60	0	0	0	25	64	89	2	9	0,2	2,6	1,1	13,5	44,2	57,7	Areia
Cg2	60 – 90	0	0	0	19	55	74	13	13	1,0	2,8	1,2	26,8	30,3	57,1	Franco arenoso
Cg3	90 – 120	0	0	0	20	60	80	7	13	0,5	2,3	1,4	18,8	20,3	39,0	Franco arenoso
P16– Ag	0 – 30	0	0	0	23	70	93	1	6	0,2	2,3	1,1	10,4	41,8	52,0	Areia
Cg1	30 – 60	0	0	0	23	67	90	1	9	0,1	2,8	1,4	13,1	36,9	50,0	Areia
Cg2	60 – 90	0	0	0	25	66	91	1	8	0,1	2,5	1,4	12,8	31,1	43,9	Areia
Cg3	90 – 110	0	0	0	19	71	90	1	9	0,1	2,5	1,4	13,6	30,4	44,0	Areia
Cg4	110– 130	0	0	0	24	65	89	3	8	0,4	2,5	1,4	12,8	31,2	44,0	Areia
P17– Ag	0 – 30	0	0	0	39	46	85	10	5	2,0	2,6	1,2	16,2	37,6	54,0	Areia franca
Cg1	30 – 60	0	0	0	37	46	83	12	5	2,4	2,0	1,2	16,0	23,9	39,9	Areia franca
Cg2	60 – 90	0	0	0	38	53	91	3	6	0,5	2,3	1,4	10,2	28,9	39,1	Areia
Cg3	90 – 110	0	0	0	45	52	97	0	3	0	2,5	1,6	5,1	30,9	36,0	Areia
Cg4	110– 130	0	0	0	43	54	97	0	3	0	2,5	1,6	4,9	31,1	36,0	Areia
P18– Ag	0 – 30	0	0	3	24	41	68	18	14	1,3	2,1	1,0	33,9	18,4	52,0	Franco arenoso
Cg1	30 – 60	0	0	2	16	30	48	27	25	1,1	2,6	1,0	32,5	26,0	58,5	Franco argilo arenoso
Cg2	60 – 90	0	0	1	14	41	56	36	8	4,5	1,9	1,4	37,5	-11,2	26,3	Franco arenoso
Cg3	90 – 120	0	0	0	12	63	75	16	9	1,8	2,3	1,4	22,3	16,7	39,0	Franco arenoso

P = pontos coletados; A = horizonte superficial; C = horizonte sub-superficial; g = saturação por água; Amg = areia muito grossa (2–1 mm); Ag = areia grossa (1–0,5 mm); Am = areia média (0,5–0,25 mm); Af = areia fina (0,25–0,10 mm); Amf = areia muito fina (0,10–0,05 mm); Silte = (0,05–0,002 mm); Arg = argila (< 0,002 mm); Part. = densidade da partícula.

Tabela 3 Características químicas dos solos dos pontos coletados

	pH	Cátions trocáveis					Ac. extraível					Sat. CE ext.					Umidade(kPa)				
Símbolo	H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	S	Al	H	CTC	V	m	P	C	N	C/N	Na	sat.	Íon Na	33	1500	
						cmol _c /kg				%	mg/kg	dag/kg				%	d S/m	mmol _c /L		(%)	
P1 – Ag	4,3	2,2	5,7	0,56	12,4	20,9	0,8	3,8	25	82	4	10	2,4	0,2	10,2	48,7	32,1	219,1	11,1	7,3	
	Cg1	3,8	3,3	7,4	0,46	20,0	31,0	2,6	7,7	39	80	8	9	4,0	0,4	10,4	51,0	32,0	165,2	14,7	9,4
	Cg2	3,3	3,2	7,4	0,11	12,6	23,0	5,1	14,3	38	62	18	4	3,6	0,4	10,4	34,0	30,0	181,7	14,5	9,2
	Cg3	3,1	3,0	7,4	0,05	13,7	24,0	6,8	17,2	41	58	22	1	3,2	0,3	10,2	33,0	28,0	153,0	15,0	9,8
	Cg4	2,9	2,7	6,0	0,02	12,4	21,0	8,2	19,9	41	52	28	2	2,8	0,3	10,4	30,0	40,0	185,2	13,6	8,4
P2 – Ag	Cg5	3,0	2,7	7,4	0,14	13,4	23,7	6,4	16,4	46	51	21	1	3,0	0,3	10,2	28,9	34,5	194,8	15,0	9,6
	3,7	4,3	8,7	0,69	19,6	33,3	3,2	8,9	45	73	9	4	4,7	0,4	10,4	43,1	38,1	189,7	15,8	11,0	
	Ag	3,4	4,6	9,5	0,53	21,1	36,0	4,9	13,4	49	73	12	4	5,6	0,5	10,4	43,0	41,0	209,5	14,5	8,1
	Cg1	3,0	4,6	9,5	0,24	27,0	41,0	8,4	19,7	61	68	17	1	6,9	0,7	10,3	44,0	37,0	253,0	16,0	9,2
	Cg2	2,9	3,5	9,3	0,05	17,4	30,2	7,3	18,9	56	54	19	1	3,9	0,4	10,4	30,8	42,0	288,7	17,6	9,8
P3 – Ag	4,5	1,6	5,7	0,92	13,9	22,1	0,7	1,7	25	90	3	4	2,3	0,2	10,4	56,7	27,1	135,6	16,4	7,0	
	Cg1	3,9	2,9	7,6	0,69	15,9	27,0	2,1	4,5	32	86	7	3	2,0	0,2	10,2	50,0	30,0	6156,5	12,1	7,6
	Cg2	3,8	3,5	8,9	0,63	26,1	39,0	3,1	7,2	46	84	7	2	2,0	0,2	10,4	56,0	17,0	233,0	18,0	12,8
	Cg3	3,7	4,6	10,4	0,63	23,9	39,5	4,1	9,3	53	75	9	1	1,9	0,2	10,4	45,2	48,6	230,4	24,2	17,0
P4 – Ag	4,2	4,1	7,6	0,48	21,7	33,9	1,1	5,0	40	85	3	3	4,8	0,5	10,4	54,3	32,7	174,8	17,1	12,4	
	Cg1	3,5	4,7	9,3	0,56	21,3	36,0	3,7	11,1	47	76	9	3	5,0	0,5	10,3	45,0	34,0	150,4	19,3	13,2
	Cg2	3,0	3,2	7,6	0,05	13,3	24,0	6,2	17,7	42	58	20	6	3,1	0,3	10,4	32,0	26,0	140,0	12,0	8,0
	Cg3	3,1	4,8	7,0	0,06	9,13	21,0	5,3	16,3	43	49	22	6	2,2	0,2	10,4	21,4	25,3	162,6	9,2	6,2
P5 – Ag	3,9	3,0	5,7	0,51	12,6	21,8	1,6	5,1	28	76	7	4	3,7	0,4	10,4	44,2	28,5	150,4	13,7	8,8	
	Cg1	3,1	3,6	6,6	0,30	17,4	28,0	4,0	14,4	42	66	13	3	3,9	0,4	10,4	41,0	31,0	192,2	14,0	8,8
	Cg2	2,7	4,2	8,7	0,05	16,3	29,0	9,9	28,7	58	50	25	3	5,2	0,5	10,3	28,0	32,0	184,3	23,0	7,3
	Cg3	2,8	2,7	6,4	0,04	16,5	25,7	9,1	19	54	48	26	3	3,1	0,3	10,2	30,7	31,8	195,6	10,4	6,9
P6 – Ag	3,4	2,9	5,1	0,47	13,7	22,2	2,5	6,3	31	72	10	1	2,6	0,2	10,4	44,2	31,4	158,2	9,1	1,6	
	Cg1	3,8	2,9	5,7	0,55	14,8	24,0	1,6	4,2	28	85	6	2	3,0	0,3	10,2	53,0	34,0	200,9	9,7	6,1
	Cg2	3,0	2,8	8,1	0,12	17,8	29,0	6,4	15,2	44	65	18	2	2,7	0,3	10,2	40,0	39,0	180,0	13,6	8,4
	Cg3	2,8	2,2	7,2	0,08	15,2	25,0	7,1	18,2	43	58	22	2	1,7	0,2	10,4	35,0	41,0	193,9	11,0	6,4
	Cg4	2,8	2,1	7,2	0,04	14,6	23,9	7,6	20,5	52	46	24	3	1,6	0,1	10,4	28,0	40,7	226,9	10,4	6,2
P7 – Ag	3,4	1,8	5,1	0,49	17,4	24,8	1,9	3,6	30	82	7,1	3	1,1	0,1	10,4	57,4	43,3	206,1	7,2	4,7	
	Cg1	3,6	2,5	6,6	0,98	17,8	28,0	2,1	5,0	33	85	7	4	1,8	0,2	10,4	54,0	44,0	210,4	10,9	6,7
	Cg2	3,7	2,7	8,7	1,16	23,0	36,0	2,3	6,0	42	86	6	3	2,2	0,2	10,2	55,0	43,0	212,2	15,7	9,9
	Cg3	3,7	2,7	8,5	0,92	18,7	30,8	1,9	4,2	37	83	5,8	4	1,8	0,2	10,1	50,6	41,7	205,2	13,8	8,4
P8 – Ag	4,2	1,2	2,5	0,50	6,5	10,7	0,9	2,2	14	78	4,5	3	1,1	0,1	10,3	47,3	13,4	87,8	9,3	4,1	
	Cg1	3,7	1,2	2,3	0,44	10,0	14,0	1,7	4,4	18	76	11	4	1,7	0,2	10,4	55,0	13,0	80,0	5,3	3,6
	Cg2	3,5	1,6	3,0	0,34	12,2	17,0	2,7	5,7	23	75	14	5	1,8	0,2	10,1	53,0	21,0	124,3	6,4	4,3
	Cg3	3,3	1,9	3,8	0,16	10,4	16,0	3,5	8,6	25	65	18	8	2,2	0,2	10,4	42,0	25,0	141,7	7,6	4,9
	Cg4	3,3	2,0	4,2	0,13	10,4	17,0	4,3	11,5	28	59	20	11	2,6	0,3	10,2	37,0	24,0	140,0	14,4	5,3
P9 – Ag	Cg5	3,3	1,9	4,6	0,10	9,8	16,4	4,0	10,2	31	54	20	8	2,3	0,2	10,4	32,0	26,7	142,6	9,4	5,5
	4,2	4,5	8,7	0,08	28,0	41,3	1,5	9,4	52	79	3,6	18	5,4	0,5	10,3	53,7	37,7	193,9	33,6	20,6	
	Cg1	3,7	3,6	6,8	0,55	16,5	27,0	3,5	10,7	38	72	11	19	4,7	0,5	10,4	43,0	28,0	160,0	17,9	10,1
	Cg2	3,7	2,6	5,9	0,35	10,9	20,0	2,6	6,6	26	75	12	27	3,0	0,3	10,4	41,0	25,0	118,2	12,1	6,3
	Cg3	4,6	2,0	3,6	0,49	5,4	12,0	0,5	2,0	14	85	4	69	1,4	0,1	10,0	40,0	19,0	122,6	6,3	2,9
	Cg4	5,3	1,7	1,7	0,32	2,2	6,0	0,3	1,1	7	84	4	94	0,8	0,1	9,8	31,0	5,0	52,2	4,0	1,8
Cg5	5,4	1,6	1,7	0,39	1,9	5,6	0,2	1,0	7	82	4,1	91	0,5	0,1	10,0	28,5	4,6	46,9	4,2	1,7	

P = ponto coletado; A = horizonte superficial; C = horizonte sub-superficial; Ca = Cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; S = (Ca+Mg+K+Na); Ac. Extraível = acidez extraível; Al = alumínio; H = hidrogênio; CTC = S + Al + H; V = (S/CTC)*100; m = [Al / (S + Al)]*100; P = fósforo; C = carbono orgânico; N = nitrogênio; C/N = relação carbono/nitrogênio; Sat. Na = saturação por sódio; CE ext. sat.= condutividade elétrica no extrato de saturação.

(Cont.) Tabela 3 Características químicas dos solos dos pontos coletados

	pH	Cátions trocáveis					Ac. extraível										Sat. CE ext.	Umidade(kPa)		
Símbolo	H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	S	Al	H	CTC	V	m	P	C	N	C/N	Na	sat.	Íon Na	33	1500
						cmol _c /kg				%	mg/kg	dag/kg				%	d S/m	mmol _c /L	(%)	
P10 – Ag	7,7	13,0	4,4	0,64	13,4	31,5	0	0,7	32	98	0	9	1,0	0,1	9,9	41,7	21,3	132,2	7,6	4,4
Cg1	7,8	15,0	4,4	0,70	13,4	34,0	0	0,7	34	98	0	7	0,7	0,1	9,7	39	22,0	149,5	7,3	4,1
Cg2	7,8	19,0	4,4	0,56	15,0	39,0	0	0,7	40	98	0	23	0,8	0,1	10,4	38	23,0	214,8	13,7	4,3
Cg3	7,9	15,0	3,8	0,57	10,4	30,0	0	0,7	31	98	0	10	0,5	0,1	9,4	34	19,0	113,9	5,6	3,6
Cg4	7,8	13,0	4,0	0,64	11,1	28,7	0	0,6	29	98	0	8	0,7	0,1	9,7	37,8	25,6	189,5	6,5	3,5
P11 – Ag	3,8	2,2	4,4	0,47	12,2	19,2	2,0	6,0	27	71	9,4	18	2,5	0,2	10,0	44,7	21,8	142,6	12,7	6,1
Cg1	3,7	3,1	6,1	0,50	17,8	28,0	3,3	2,8	30	91	11,0	14	3,5	0,3	10,4	59	23,0	132,2	12,6	8,5
Cg2	3,7	2,9	6,7	0,53	12,2	22,0	2,6	7,1	29	76	10,0	14	3,1	0,3	10,2	41	30,0	3221,7	18,0	7,6
Cg3	3,8	1,7	4,9	0,46	8,0	15,1	1,7	4,0	21	73	10,0	12	1,7	0,2	10,1	38,7	15,6	89,5	15,9	3,0
P12 – Ag	3,9	1,4	4,1	0,49	18,7	24,7	0,5	3,3	28	87	1,9	4	1,3	0,1	10,4	65,7	31,8	164,3	10,3	4,6
Cg1	3,4	1,5	3,7	0,16	13,9	19,0	1,9	7,4	27	72	9,0	7	1,5	0,1	10,4	52	24,0	133,0	12,5	5,1
Cg2	3,4	1,4	3,7	0,05	11,0	16,0	3,8	7,6	24	68	19,0	7	1,6	0,2	10,1	46	24,0	135,6	12,5	4,5
Cg3	3,1	1,7	4,1	0,02	10,0	16,0	7,7	19,0	35	45	33,0	6	2,3	0,2	10,4	29	24,0	126,9	13,8	6,7
Cg4	3,2	0,7	2,0	0,12	4,8	7,6	3,5	14,0	25	30	32,0	4	0,9	0,1	10,4	19,0	14,0	128,7	6,5	2,8
P13 – Ag	3,7	0,9	2,5	0,25	7,2	10,8	0,8	4,7	16	66	6,9	6	1,5	0,1	10,4	43,9	11,0	83,5	11,7	5,0
Cg1	3,4	2,1	4,3	0,09	7,2	14,0	2,2	11,9	26	53	14,0	6	2,8	0,3	10,2	28	14,0	99,1	15,5	6,5
Cg2	3,2	2,1	4,7	0,04	7,4	14,0	3,2	14,3	29	50	18,0	8	2,9	0,3	10,4	26	15,0	3247,8	10,6	5,5
Cg3	3,4	1,0	2,3	0,07	4,3	7,7	2,0	4,4	14	55	21,0	6	1,4	0,1	10,4	30,8	10,1	79,1	5,8	3,3
P14 – Ag	3,4	1,5	3,5	0,28	12,6	17,9	1,0	3,7	23	79	5,1	1	1,7	0,2	10,4	55,9	21,7	53,9	8,8	5,3
Cg1	3,1	1,6	3,7	0,19	7,6	13,0	1,5	7,8	21	63	10,0	0	2,0	0,2	10,2	36	20,0	113,9	9,6	5,2
Cg2	2,8	2,2	5,5	0,03	5,9	14,0	6,1	22,0	36	38	31,0	1	2,9	0,3	10,4	16	15,0	2830,4	14,8	7,8
Cg3	2,8	1,4	4,1	0,04	9,78	15,3	3,5	16,0	35	44	19,0	0	1,6	0,2	10,4	28,1	9,5	1643,5	8,1	4,2
P15 – Ag	3,6	2,5	5,5	0,52	17,1	25,6	0,9	5,5	32	80	3,3	2	2,9	0,3	10,4	53,5	34,2	213,9	13,7	9,5
Cg1	3,6	2,4	5,7	0,49	12,2	21,0	1,0	7,8	29	73	4,0	1	3,5	0,3	10,4	43	27,0	174,8	12,2	8,5
Cg2	3,1	2,9	7,4	0,22	17,0	27,0	2,9	16,6	44	62	10,0	1	4,1	0,4	10,4	38	27,0	163,5	22,3	12,4
Cg3	3,3	2,0	6,0	0,22	17,4	25,6	1,9	10,2	38	68	6,9	2	2,6	0,3	10,4	46,1	24,0	127,8	13,4	7,9
P16 – Ag	4,3	2,2	4,9	0,62	14,3	22,1	0,5	1,7	24	91	2,1	6	1,3	0,1	10,0	59,2	34,4	205,2	9,4	5,2
Cg1	4,1	2,1	4,7	0,58	15,2	23,0	0,7	2,7	25	89	3,0	5	1,7	0,2	10,4	60	29,0	5517,4	9,3	5,2
Cg2	3,1	1,8	4,5	0,06	12,2	19,0	2,6	11,5	30	62	12,0	7	1,7	0,2	10,4	41	16,0	193,0	9,2	5,0
Cg3	3,0	1,5	4,5	0,03	7,8	14,0	5,5	18,5	32	43	28,0	5	1,7	0,2	10,1	24	23,0	151,3	9,7	4,7
Cg4	3,1	1,4	4,7	0,02	10,4	16,6	3,3	12,5	32	51	17,0	3	1,4	0,1	10,4	32,2	22,4	114,8	9,1	4,2
P17 – Ag	3,1	2,4	4,3	0,08	8,0	14,8	3,1	14,4	32	46	17,0	10	3,1	0,3	10,4	24,9	17,6	100,8	13,5	8,2
Cg1	3,2	2,7	5,7	0,18	10,7	19,0	3,3	15,1	34	56	15,0	10	3,7	0,4	10,4	31	19,0	118,2	13,4	8,2
Cg2	3,2	1,3	3,3	0,06	3,7	8,0	2,4	11,8	20	41	22,0	4	1,8	0,2	10,4	18	11,0	80,0	7,3	3,7
Cg3	3,3	0,6	1,6	0,09	4,3	7,0	1,0	3,4	10	66	13,0	2	0,9	0,1	9,8	43	8,0	52,2	3,2	2,0
Cg4	3,3	0,6	1,5	0,04	3,4	5,6	1,3	5,0	12	11	19,0	2	0,8	0,1	9,7	28,8	9,2	184,3	3,0	2,1
P18 – Ag	3,7	4,9	9,9	0,89	30,9	46,5	1,6	11,9	60	78	3,3	3	6,2	0,6	10,3	51,4	43,8	198,2	33,9	21,5
Cg1	3,1	6,5	13,3	0,42	23,3	43,0	6,7	24,6	68	64	13,0	3	8,6	0,8	10,3	34	48,0	225,2	35,5	22,3
Cg2	3,0	4,5	9,6	0,06	23,3	37,0	4,5	19,4	57	66	11,0	0	4,7	0,5	10,3	41	37,0	175,6	26,8	14,6
Cg3	3,1	2,5	6,2	0,13	15,2	24,0	2,6	10,1	37	65	9,8	0	1,9	0,2	10,4	42,5	26,4	139,1	15,9	7,5

P = ponto coletado; A = horizonte superficial; C = horizonte sub-superficial; Ca = Cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; S = (Ca+Mg+K+Na); Ac. Extraível = acidez extraível; Al = alumínio; H = hidrogênio; CTC = S + Al + H; V = (S/CTC)*100; m = [Al / (S + Al)]*100; P = fósforo; C = carbono orgânico; N = nitrogênio; C/N = relação carbono/nitrogênio; Sat. Na = saturação por sódio; CE ext. sat.= condutividade elétrica no extrato de saturação.

ou igual a 7 d S/m a 25°C, e que nos perfis chega a atingir valores de 48,6 d S/m. O solo é salino quando os valores atingem entre 4 e 7 d S/m, identificado apenas em um caso em subsuperfície, característica também observada por LAMBERTI (1969) e mencionada por OLIVEIRA (1979) e WALTER (1986).

- Presença de tiomorfismo: apesar da não determinação do enxofre, sua ocorrência foi verificada pelo intenso odor exalado das amostras quando de sua coleta e secagem, e pelos baixos valores de pH encontrados. A presença de enxofre pode ser atribuída aos materiais sulfídricos acumulados, como descrito em OLIVEIRA (1979), o que nos levou a caracterizar os solos da área estudada como tiomórficos. A acumulação dos compostos de enxofre ocorre em deltas de rios e sob florestas de mangue principalmente. Os rios contribuem com os óxidos ou hidróxidos de ferro; o mar, com os sulfatos, e a vegetação de mangue, com a produção de matéria orgânica, que reduz os sulfatos e o ferro. Quando os solos que contêm esses elementos são expostos ao ar formam-se, por oxidação, ácidos de enxofre que tornam o solo extremamente ácido e tóxico para as plantas; e o caráter eutrófico é verificado em quase todos os perfis, que apresentam valores elevados de Ca^{+2} (chegando a atingir 19,0 cmol_c/kg), Mg^{+2} (alcançando 13,3 cmol_c/kg), K^{+} (com valores máximos de 1,16 cmol_c/kg) e Na^{+} (atingindo valores máximos de 30,86 cmol_c/kg, e mínimos na sua maioria acima de 10 cmol_c/kg). Foram identificados apenas três pontos distróficos em profundidade. Os valores de soma de bases são muito elevados, mesmo se descontados os teores de sódio, tornando a capacidade de troca de cátions do solo também elevada. Essas características tornam-se controversas na medida em que esses elementos encontram-se, em sua grande maioria, na solução do solo, sem relação direta com as argilas. Além disso, os elevados teores de sódio (Na^{+}) passam a funcionar como elementos nocivos às plantas (extremamente adaptadas), em concordância com RIZZINI (1979) e DANSEREAU (1949). Entretanto, não deixa de ser um substrato muito rico e atraente para inúmeras espécies animais que nele se alimentam e se reproduzem, confirmando a alta diversidade desse ecossistema, como comenta ODUM (1972).

Com relação à coloração desses solos, as cores predominantes ao longo do perfil são variações do amarelo ao cinza para amostras secas e a cor preta com variações oliva, bruna e

acinzentada para amostras úmidas, demonstrando o caráter dominante dos processos de redução nesses solos. São solos influenciados pela oscilação do nível da maré e do ambiente redutor, além da ausência de oxigênio em razão da saturação por água durante todo o ano. Daí resultam as cores próximas ao neutro, com cromas baixos, que tornam-se mais amarelas ou brunas quando o material é exposto ao ar. Observa-se ainda mosqueamento resultante da deposição de areias muito finas lavadas, de cores amareladas ou brunas, indicando uma possível migração interna de compostos de ferro e matéria orgânica.

A cor preta pode ser explicada pela presença da matéria orgânica, constantemente depositada e reciclada – valores de 8,58% de carbono (C), sendo, na maioria dos casos, superior a 2% na superfície e 1% em subsuperfície –, e pela presença constante de água. Embora o teor de carbono seja elevado nos pontos coletados, não é suficiente para caracterizá-los como orgânicos ou turfosos, conforme classificou o IPT (*apud* LAMBERTI, 1969) na região de Itanhaém. Quanto aos teores de nitrogênio (N), apresentam-se baixos, tornando a relação carbono/nitrogênio alta e a disponibilidade de N, muito baixa.

Apesar dos altos teores de alumínio trocável, sua saturação é muito baixa, o que pode ser atribuído aos elevados níveis de cátions no sistema.

Todos os perfis apresentam característica sódica, ou seja, porcentagem de saturação por sódio em relação à capacidade de troca de cátions superior ou igual a 15%, alguns acima de 30%. Isso vem demonstrar a alta influência do sódio no complexo trocável do solo e na especialização da vegetação.

Com relação ao pH, as amostras da maior parte dos perfis são consideradas muito ácidas, com valores em torno de 2,7 a 4,5, também encontrados por Boyé (*apud* LAMBERTI, 1969) na Guiana Francesa; somente um dos locais amostrados na praia Dura na região de Ubatuba apresenta pH acima da neutralidade, com valores de até 7,9, valor próximo ao encontrado também por Navalkar e Bharucha (*apud* LAMBERTI, 1969) em Bombaim, e Teixeira e Kutner (*apud* LAMBERTI, *op. cit.*) em Itanhaém.

Em função dos baixos teores de argila e da posição singular dessas áreas a algumas determinações tradicionais em estudos de solos suscitam dúvidas. A elevada quantidade de sódio trocável, por exemplo, poderia em verdade ser interpretada como sódio acumulado ou depositado, pois tais argilas não teriam carga suficiente para essa troca. Da mesma forma, os teores de Al também podem ser dúbios, visto que podemos estar medindo acidez provocada por compostos de enxofre e sódio. Enfim estudos mais detalhados deverão elucidar tais questionamentos.

Nos pontos com textura média, a densidade do solo apresenta-se, em superfície, com valores de aproximadamente 1 kg/dm^3 e em subsuperfície, acima de $1,4$ até $1,9 \text{ kg/dm}^3$, enquanto os de textura arenosa apresentam valores da ordem de $1,1$ a $1,5 \text{ kg/dm}^3$, indicando aumento de densidade nos solos de textura média em subsuperfície. Como esses solos encontram-se na maior parte do ano em condições de fluidez, essa densidade pode apenas estar indicando um adensamento ou empacotamento das partículas do solo.

A porosidade total do material de textura arenosa encontra-se entre 26% e 58%, sendo mais comuns valores na dezena dos 40%. Dessa porosidade, a maior parte constitui-se de macroporos. Para os de textura média, a porosidade total encontra-se entre 30% e 60%, sendo a microporosidade predominante.

A relação silte/argila apresenta-se, no material de textura média, bem elevada, enquanto na textura arenosa torna-se bem diversificada, com valores nulos ou muito baixos, até valores muito elevados, como no caso do perfil 9, com 3,9 de relação.

No que se refere à classificação, os solos estudados podem ser identificados como Areias Quartzosas Hidromórficas salinas ou Solonchak Sódico tiomórfico, para os casos de textura arenosa, e apenas Solonchak Sódico tiomórfico para os de textura média. No novo sistema de classificação, os Solonchak seriam corretamente incluídos nos Gleissolos Sálícos sódicos ou solódicos tiomórficos; porém os de textura arenosa não teriam classificação estabelecida, sugerindo-se sua inclusão na classe dos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos salino-sódicos ou salino-solódicos.

Nos mangues estudados, a vegetação caracteriza-se, de modo geral, pela presença de *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Avicennia tomentosa*, conforme citado em ANDRADE & LAMBERTI (1965), RIZZINI (1979), VELOSO & GÓES-FILHO (1982) e SCHAEFFER-NOVELLI *et al.* (1990), além de *Hibiscus tileaceus* e *Spartina* sp. Mais especificamente, os

pontos de coleta caracterizam-se pela ocorrência de *Laguncularia racemosa* e, em alguns pontos, de *Rhizophora mangle*.

Conclusões

Por causa da sua biodiversidade e fragilidade, as áreas de mangue são ecossistemas importantes da zona tropical úmida. Assim, consideramos que o presente estudo vem somar-se aos conhecimentos já existentes sobre os solos de mangue no estado de São Paulo e contribui à caracterização adequada e, por consequência, à preservação desse ecossistema.

Conclui-se que o material coletado nas áreas estudadas apresenta, como característica granulométrica, o predomínio de areias muito finas a finas; os teores de matéria orgânica são relativamente baixos, podendo-se considerá-los como solos do tipo Solonchak Sódico tiomórfico (Gleissolo Sálíco sódico ou solódico tiomórficos e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico salino-sódico ou salino-solódico, conforme a textura).

Com relação à classificação atual de solos estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação, salientamos a necessidade de criação de um espaço para o enquadramento de solos arenosos tiomórficos, não contemplados no novo sistema.

Quanto à vegetação, foram realizadas observações pontuais que, a princípio, apontaram relações com as características do solo e que deverão ser objeto de estudos em uma segunda fase deste trabalho. Pode-se salientar que, nas áreas com presença de *Hibiscus tileaceus* e *Spartina* sp, deve ocorrer uma transição de solos, com menores teores de salinidade e de matéria orgânica, chegando até a formação de podzóis nos cordões marinhos.

Agradecimentos

À Profª Drª Wolmar Aparecida Carvalho pela orientação na realização das análises laboratoriais; à estagiária Analuiza Skaf dos Santos pela organização dos dados laboratoriais.

ROSSI, M.; AGUIAR MATTOS, I.F. (2002) Mangrove soils in São Paulo state: physical and chemical characterization. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 15, p. 101–113.

Abstract: The study was carried out along the coastland of São Paulo State (Brazil) and aims to characterize mangrove soils areas. These areas were defined by photointerpretation followed by fieldwork. Soil samples were collected and analyzed in laboratory. Results show that soils are mainly of sandy or loamy texture, the last one texture being related to a higher silt contribution. Soils are of saline character, with high sodium and sulphur contents; showing high bases saturation nonetheless showing high aluminum contents. Soils are classified as Sodic Solonchak Thiomorphic sandy texture, (Typic Aquisalid) or Saline Thiomorphic Gleysoil, in areas with predominance of *Laguncularia racemosa* vegetation.

Key words: Mangrove soil; Salinity; Sodicity; São Paulo state.

Recebido em 15 de junho de 2002; aceito em 15 de dezembro de 2002.

Referências bibliográficas

- AB'SABER, A.N. (1955) Contribuição à geomorfologia do litoral paulista. *Revista Brasileira de Geografia*, v.17, n.1, p.1–48.
- ANDRADE, M. A. B. de; LAMBERTI, A. (1965) A vegetação. In: AZEVEDO, A. (coord.) *A Baixada Santista: aspectos geográficos*. São Paulo EDUSP. v.1, p.151–178.
- CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. (1987) Classificação de solos usada em levantamentos no Brasil. *Boletim Informativo Soc. Bras. Ciência do Solo*, v.12, n.1, p. 11–33.
- CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (1983) Factores abióticos. In: *Introducción a la ecología del manglar*. UNESCO-ROSTLAC. p.19–29.
- DANSEREAU, P. A. (1949) Introdução à biogeografia. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 40, n. 1, p.1–92.
- EMBRAPA (1979) *Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos*. Brasília, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos/SNLCS. (Miscelânea, 1).
- EMBRAPA (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, Serviço de Produção de Informação. 412p. il.
- KILMER, V.J.; ALEXANDER, L.T. (1949) Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.*, n.68, p.15–26.
- LAMBERTI, A. (1969) Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas do manguezal de Itanhaém. *Boletim de Botânica*, v. 23, n. 317.
- LEMOS, R.C.; SANTOS, dos R.D. (1996) *Manual de descrição e coleta de solo no Campo*. 3.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 84 p.
- LUEDER, D.R. (1959) *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-Hill. 462 p.
- ODUM, E.P. (1972) *Ecologia*. Trad. C. G. Ottenwaelder, 3.ed. México, Nueva Editorial Interamericana. 639 p.
- OLIVEIRA, J.B. (1979). *Curso de solos e nutrição de plantas: pós-graduação*. 34 p (inédito).
- OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; BRAZ-CALDERANO, F. (1999) *Mapa pedológico do estado de São Paulo: legenda expandida*. Campinas: Instituto Agrônomo/Embrapa-Solos. 2v.

- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. (1992) *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. Jaboticabal, FUNEP. 201 p.
- PENTEADO, M.M. (1980) *Fundamentos de Geomorfologia*. 3.ed. Rio de Janeiro. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 186 p.
- RADAMBRASIL. (1983) Ministério das Minas e Energia. Levantamento dos Recursos Naturais. *Folhas SF 23/24*, Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, v. 32. 780 p.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. (1983) Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Boletim Técnico IAC*, v. 81, 31 p.
- RIZZINI, C.T. (1979) *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos*. São Paulo, HUCITEC-EDUSP. 2v.
- ROSSI, M. (1999) *Fatores formadores da paisagem litorânea: a bacia do Guaratuba, SP – Brasil*. 1v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SÃO PAULO (Estado) Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981a) *Mapa geológico do Estado de São Paulo 1:500.000*. São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 2v. (Monografias, 6)
- SÃO PAULO (Estado) Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981b). *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000*. São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 2v. (Monografias, 5)
- SÃO PAULO (Estado) Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1988). *Unidades de conservação ambiental e áreas correlatas no estado de São Paulo*. São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1v.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (coord.) (1987) Ecossistema manguezal. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA. *Síntese dos conhecimentos*. BSP, v. 3, p.333-336.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; SOUZA LIMA-MESQUITA, H.; CINTRON-MOLERO, G. (1990) The Cananeia lagoon estuarine system, SP. *Brazil:estuaries*, v.13 n.2, p.193-203.
- SPURR, S. H. (1960) *Photogrammetry and Photointerpretation*. 2.ed. New York, Ronald Press Co. 465 p.
- TRICART, J. (1977) *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN. Recursos Naturais e Meio Ambiente, v.1. 191 p.
- VELOSO, H.P.; GOES-FILHO, L. (1982) *Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica*. Ecologia da Vegetação Neotropical. *Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL*. Salvador, p.1-80. (Vegetação, 1)
- WALTER, H. (1986) *Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global*. São Paulo, EPU. 325 p.